

ГЛАВА 13. СИСТЕМА ДОПУСКІВ НА КУТОВІ РОЗМІРИ ТА ГЛАДКІ КОНІЧНІ З'ЄДНАННЯ

13.1 Допуски на кутові розміри

Одиниці виміру кутів

На практиці використовують декілька систем виміру кутів. Міжнародна система одиниць SI (ДСТУ 3651.0-97) передбачає в числі додаткових одиниць кутові одиниці радіан та стерадіан.

Кутом в один радіан називається плоский кут між двома радіусами кола, що відтинає з окружності дугу, довжина якої дорівнює радіусу.

Відповідно **стерадіан** - це центральний тілесний кут, який відтинає на поверхні сфери площу, що дорівнює квадрату радіуса.

Радіальна система виміру дуже зручна в розрахунках, але її використання при виготовленні та контролі виробів проблематичне, тому що поки не виробляють прилади, проградуйовані в радіанах.

Широко використовується утворена на давній шестидесятирічній системі числення градусна міра, одиниці якої - градус ($^{\circ}$), хвилина ($'$) та секунда ($''$).

Градусом називається плоский кут, рівний $1/360$ частині центрального кута, що опирається на повну окружність. Градус дорівнює 60 кутовим хвилинам, хвилина, в свою чергу - 60 кутовим секундам.

Крім того, при вимірюванні конусів кути вимірюються величиною та конусністю; при вимірюванні нахилів призматичних елементів деталей кути вимірюються в мкм/мм, мм/м. В техніці для зручності розрахунків інколи кути умовно виражаються в обертах, а також через обернені тригонометричні функції ($\arcsin \alpha$, $\arccos \alpha$ тощо).

Нормальні ряди та розміри кутів

Всі нормальні кути, які використовують при конструюванні, можна розділити на три групи:

- нормальні кути загального призначення (широко використовувані кути);
- нормальні кути спеціального призначення (обмежене застосування у стандартизованих спеціальних деталях);
- спеціальні кути (кути, розміри яких зв'язані розрахунковими залежностями з іншими прийнятими розмірами і які неможна заокруглити до нормальних кутів);
- кути, що визначені спеціальними експлуатаційними або технологічними вимогами).

Допуски кутових розмірів

Допуски кутових розмірів призначають згідно з ГОСТ 8908-81.

Допуском кута AT (Angle Tolerance) називається різниця між найбільшим a_{max} та найменшим a_{min} граничними кутами. Допуски кутів

повинні призначатись в залежності від номінальної довжини L_1 меншої сторони кута. Допуск кута може бути виражений:

- в кутових одиницях радіанної та градусної мір AT_α (точне значення) та AT'_α (округлене значення допуску в градусній мірі) (див. рис. 13.1);
- довжиною протилежного відрізка на перпендикулярі до сторони кута на відстані L_1 від вершини (цей відрізок приблизно дорівнює дузі з радіусом L_1) AT_h (рис. 13.1 та рис. 13.2, б);
- допуском на різницю діаметрів в двох перетинах конуса на відстані L між ними AT_D (див. рис. 13.2, а).

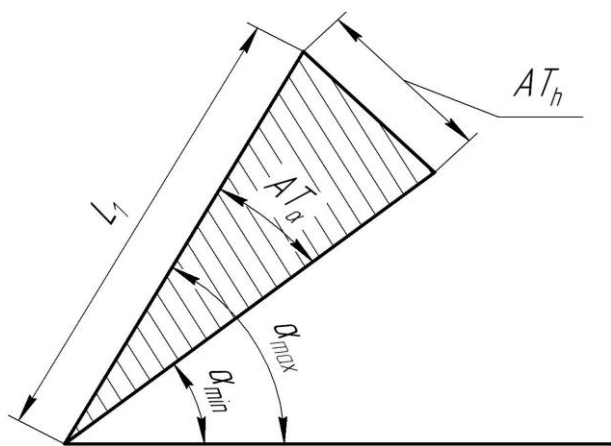


Рисунок 13.1
Виразення допуску кута

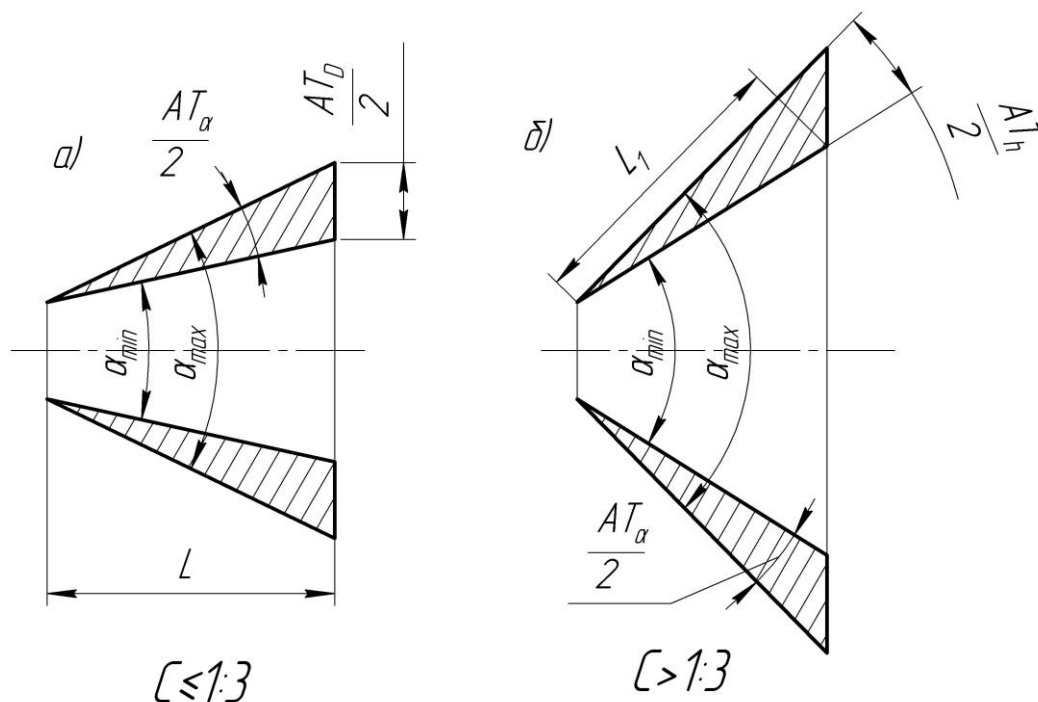


Рисунок 13.2
Допуски кутів з різною конусністю

Допуски кутів конусів з конусністю не більше 1:3 повинні призначатись в залежності від номінальної довжини конуса L (різниця між довжиною конуса та твірною в цьому випадку не більше 2 %). При більшій конусності допуски призначаються в залежності від довжини твірної конуса L_1 (див. рис. 13.2).

Зв'язок між допусками в кутових та лінійних одиницях виражається наступною формулою:

$$AT_h = AT_a \cdot L_1 \cdot 10^{-3},$$

де AT_h вимірюється в мкм; AT_a вимірюється в мкрад; L_1 вимірюється в мм.

Для малих кутів ($C < 1:3$):

$$AT \approx AT_h.$$

Для конусів з конусністю понад 1:3 значення AT_D визначається за формулою:

$$AT_D = \frac{AT_h}{\cos(\alpha/2)},$$

де α - номінальний кут конуса.

Застосовуються три основних типи розміщення поля допуску відносно номінального кута: додатне ($+AT$), від'ємне ($-AT$) та симетричне ($\pm AT/2$). В обґрунтованих випадках може використовуватися інше розташування допуску кута. При будь-якому розташуванні поля допуску відхилення кутових розмірів відраховуються від номінального розміру кута. Типи розміщення полів допусків для кута призматичного елемента наведені на рис. 13.3 а, та для кутів конуса - на рис. 13.3, б.

Для допусків кутів встановлені 17 ступенів (квалітетів) точності: 1, 2, ..., 16, 17. При позначенні допуску кута заданої точності до позначення додається номер ступеню точності, наприклад $AT7$. При необхідності призначення більшої точності, ніж та, яку дає 1-й квалітет, допуски ступенів точності 0,1 та 0 отримують послідовним діленням допусків $AT1$ на коефіцієнт 1,6.

Числові значення допусків кутів поширюються на кутові розміри призматичних елементів деталей, зовнішні та внутрішні конуси гладких конічних деталей, шаблони, контршаблони, конусні калібри та контркалібри з довжиною меншої сторони кута до 2500 мм і представлені в ГОСТ 8908-81. При позначенні допусків кутів на кресленні потрібно одночасно вказувати точність розташування кута відносно осі, твірної або площини деталі.

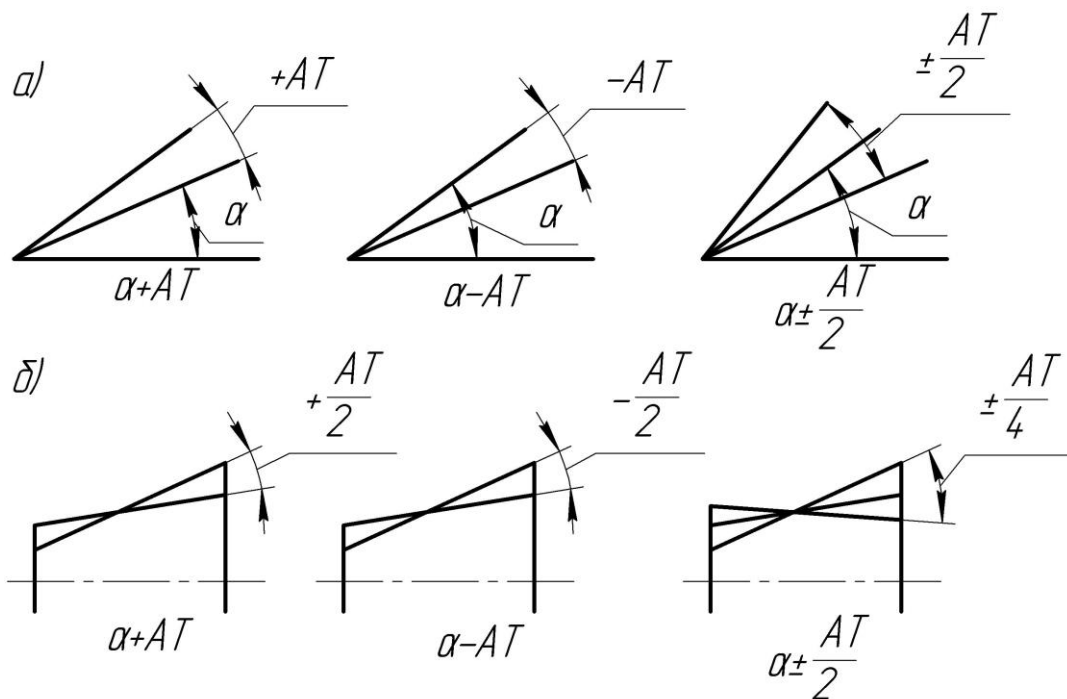


Рисунок 13.3

Типи розміщення полів допусків

13.2 Види гладких конічних з'єднань

Широке використання конічних з'єднань викликане рядом їхніх цінних властивостей. Серед них - герметичність, висока міцність та напруженість з'єднання, можливість легкого регулювання зазору та натягу за допомогою зміни осьового розташування деталей, здатність конічної пари до швидкого розбирання та збирання без пошкодження поверхні елементів з'єднання, самоцентрування.

В залежності від натягів та зазорів конічні з'єднання можна розділити на наступні види:

- нерухомі з'єднання (з натягом);
- щільні (із можливістю ковзання);
- рухомі (із зазором).

Нерухомі з'єднання призначені для виключення взаємного переміщення деталей або для передачі крутного моменту. Дію з'єднання забезпечує сила тертя між спряженими поверхнями, яка регулюється натягом, що визначається, в свою чергу, зміною взаємного розташування конічних поверхонь деталей вздовж осі з'єднання. Натяг забезпечується затяганням або запресовуванням зовнішнього конуса у внутрішній, а також за рахунок складання елементів пари з різною температурною деформацією (при нагрітому внутрішньому конусі та (або) охолодженому зовнішньому). При великих навантаженнях та відносно малому натязі, при вібраціях в нерухомому конічному з'єднанні передбачається одна або дві шпонки. Прикладом таких з'єднань можна назвати:

- з'єднання конусів валів електричних машин та верстатів;
- з'єднання валопроводів судів;

- з'єднання фланцевих муфт з порожнистими та суцільними валами;
- конічні фрикційні муфти;
- конічні штифти та головки.

Розрахунок натягів, а також числа шпонок (або необхідності додаткового кріплення) конічного з'єднання забезпечується методами опору матеріалів та аналогічних до розрахунку натягів пресових посадок для циліндричних з'єднань.

Щільні з'єднання з можливістю ковзання застосовуються для забезпечення газо-, водо- та маслонепроникності за спряженими поверхнями (тобто для ущільнення з'єднання, яке герметизують шляхом притирання поверхонь), при цьому повна взаємозамінність деталей порушується. Щільні з'єднання застосовуються:

- у пробкових кранах трубопровідної арматури;
- у двигунах для посадки клапана в сідло;
- у жиклерах карбюраторів тощо.

Рухомі з'єднання застосовуються для забезпечення відносного обертання або зазору між елементами пари. Вони мають переваги точного центрування та компенсації зношення робочих поверхонь переміщенням деталей вздовж осі. Такі посадки використовуються:

- у точних приладах;
- конічних підшипниках верстатів;
- пристроях дозування та регулювання тощо.

13.3 Загальні положення системи допусків та посадок для конічних з'єднань

Пряма колова конічна поверхня - це поверхня обертання, утворена прямою, що обертається відносно осі, перетинає її, заданою точкою описує окружність.

При обробці реальної конічної деталі (обмеженої зовні або внутрішньо конічною поверхнею) виникають різні відхилення від номінального конуса (тобто конуса, який визначається номінальною поверхнею та номінальними розмірами - діаметром, довжиною, кутом конуса). Вказані визначення дає ДСТУ 2499-94.

Для нормальної експлуатації конічного з'єднання необхідно, щоб відхилення дійсних розмірів конуса знаходились в межах заданих допусків.

Допуски та посадки для конічних з'єднань встановлює ГОСТ 25307-88. Цей стандарт поширюється на гладкі конуси з діаметром до 500 мм та конусністю від 1:3 до 1:500.

Конічні з'єднання характеризуються конічною посадкою та базовідстанню з'єднання.

Посадки поділяються в залежності від способів фіксації взаємного осьового розташування зовнішнього та внутрішнього конусів (рис. 13.4 - 13.9):

- шляхом зміщення конструктивних елементів конусів, що спряжуються (рис. 13.4);

- за заданою осьювою відстанню Z_{pf} між базовими площинами конусів, що спряжуються (рис. 13.6);
- за заданим осьовим зміщенням E_n конусів, що спряжуються відносно їх початкового положення (рис. 13.8);
- за заданим зусиллям запресування F_s , прикладеним в початковому положенні конусів, що спряжуються (рис. 13.9).

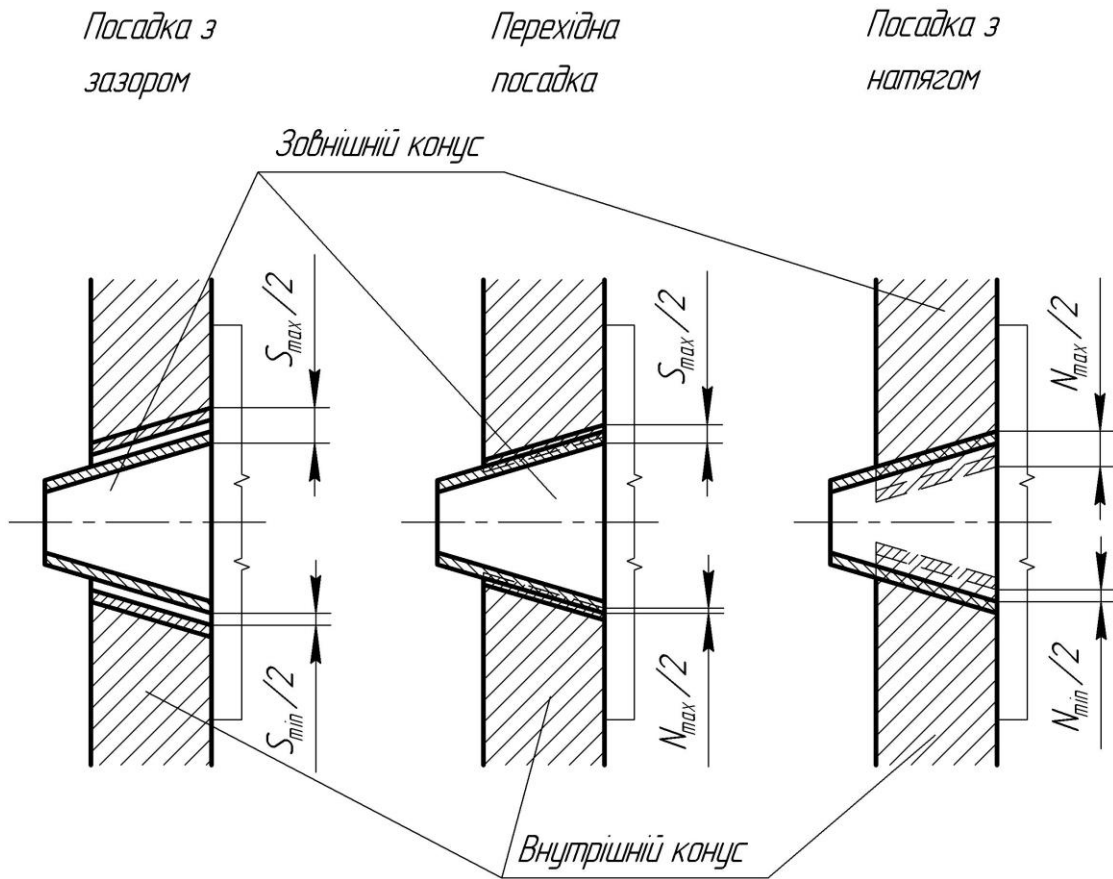


Рисунок 13.4

Посадки конічних з'єднань із зміщенням конструктивних елементів

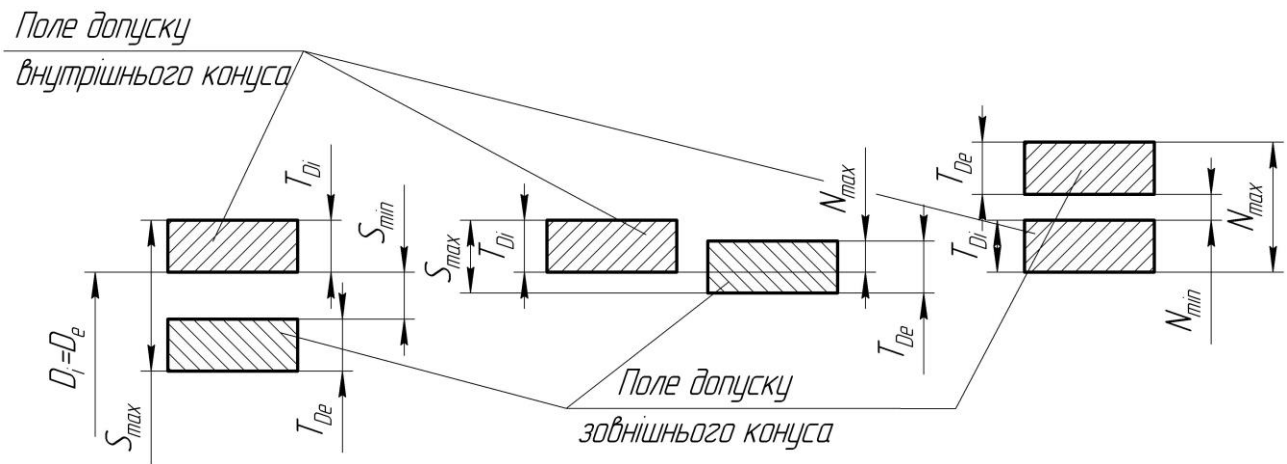


Рисунок 13.5

Поля допусків посадок із зміщенням конструктивних елементів

На рис. 13.5 та 13.7 відмічений характер посадок, який забезпечується при різних способах фіксації. Позначення на рис. 13.8 та 13.9 наступні: 1 - кінцеве положення; 2 - початкове положення; 3 - зовнішній конус; 4 - внутрішній конус.

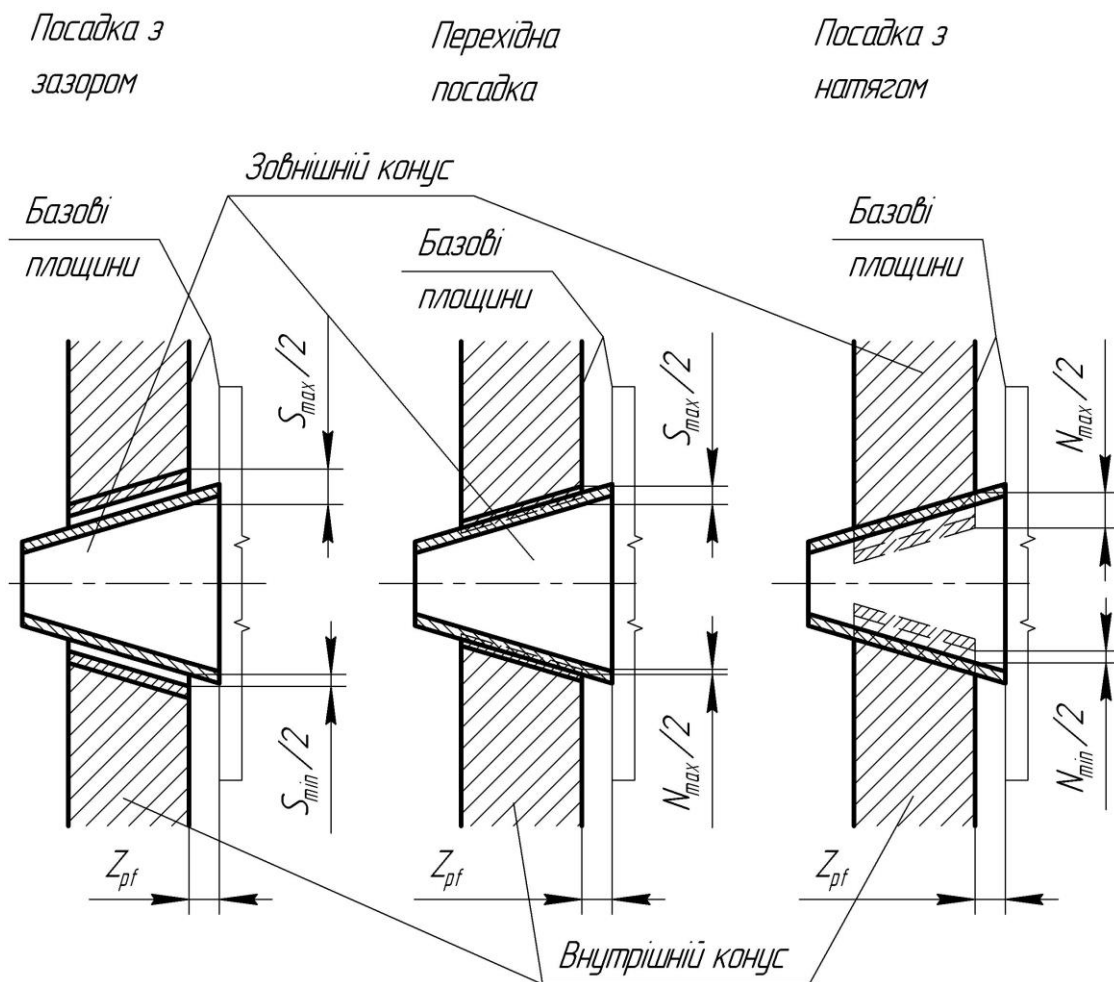


Рисунок 13.6

Посадки із заданою осьовою відстанню Z_{pf}

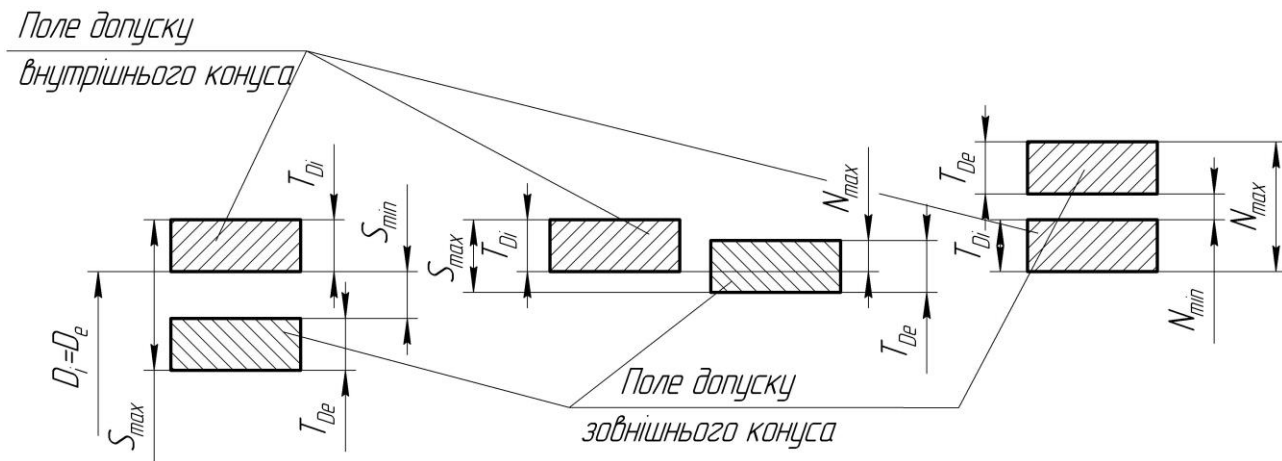


Рисунок 13.7

Поля допусків посадок із заданою осьовою відстанню Z_{pf}

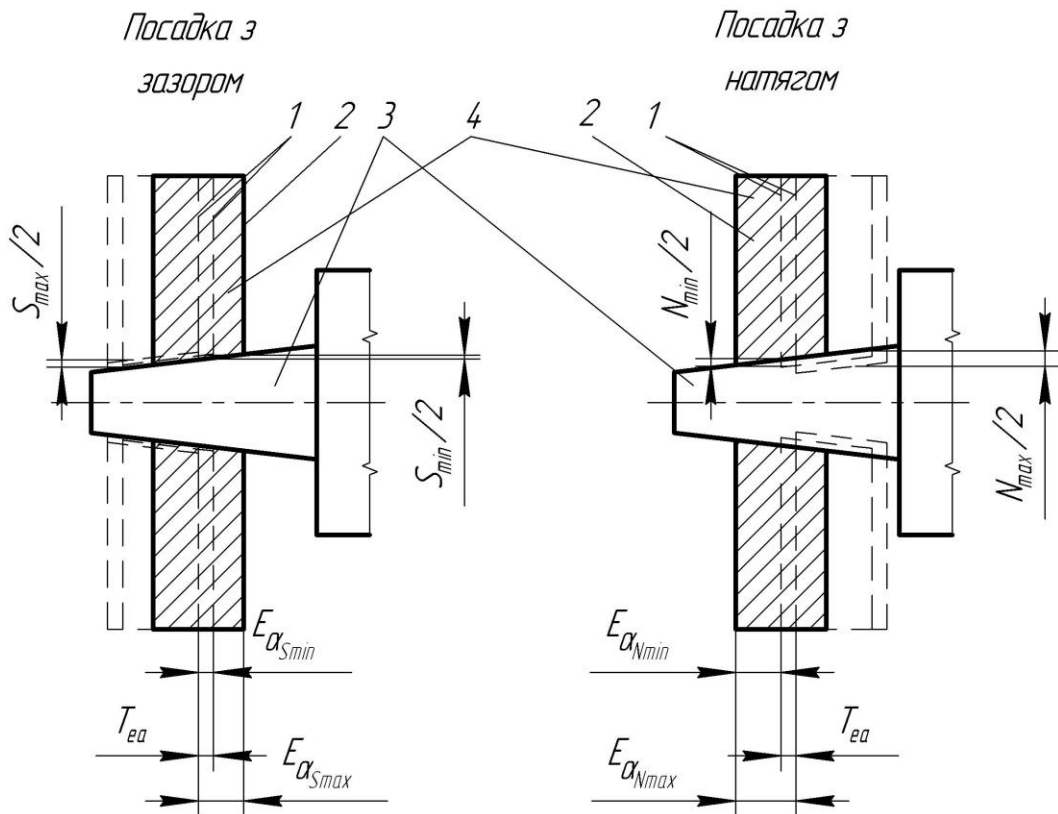


Рисунок 13.8

Посадки із заданим осьовим зміщенням E_n

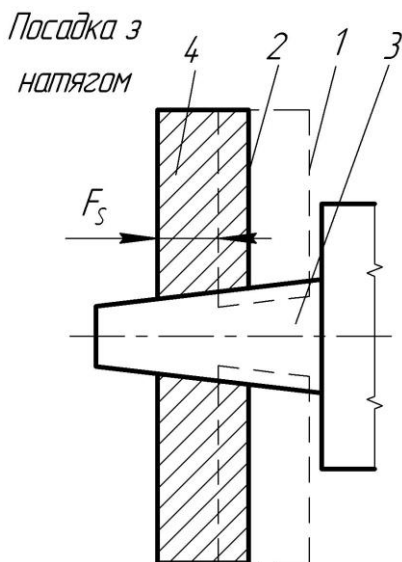


Рисунок 13.9

Посадки із зусиллям запресовування F_s

Для конусів встановлюють допуски:

- діаметра конуса в будь-якому перетині T_D , в заданому перетині T_{DS} (рис. 13.10, а);
- кута конуса АТ (рис. 13.10, б); форми конуса (допуски круглості T_{FR} (рис. 13.11, а) та допуск прямолінійності твірної T_{FL} (рис. 13.11, б).

Рекомендоване нанесення розмірів на конусних деталях (йдеться про вимірювання універсальними засобами) вказане на рис. 13.12. Нанесення знаків конусності на кресленнях (ГОСТ 2.320-82) проводять одним із вказаних на рис. 13.12 способів.

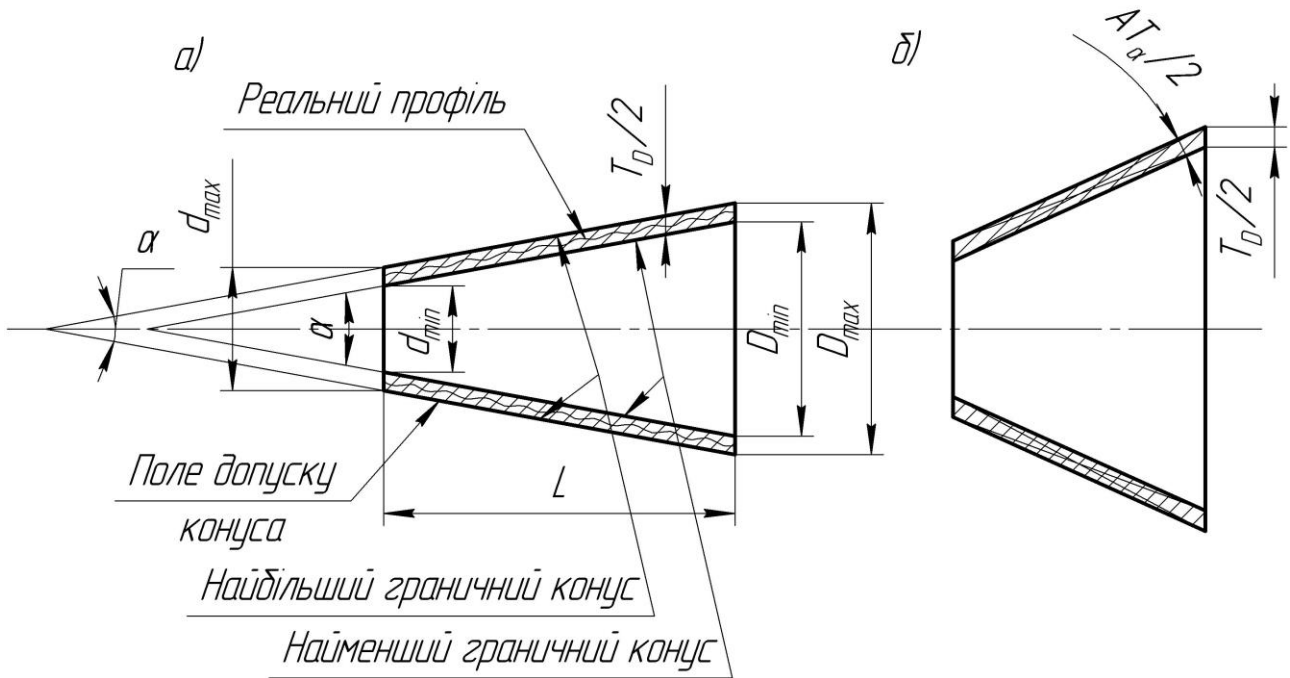


Рисунок 13.10
Допуски елементів конуса

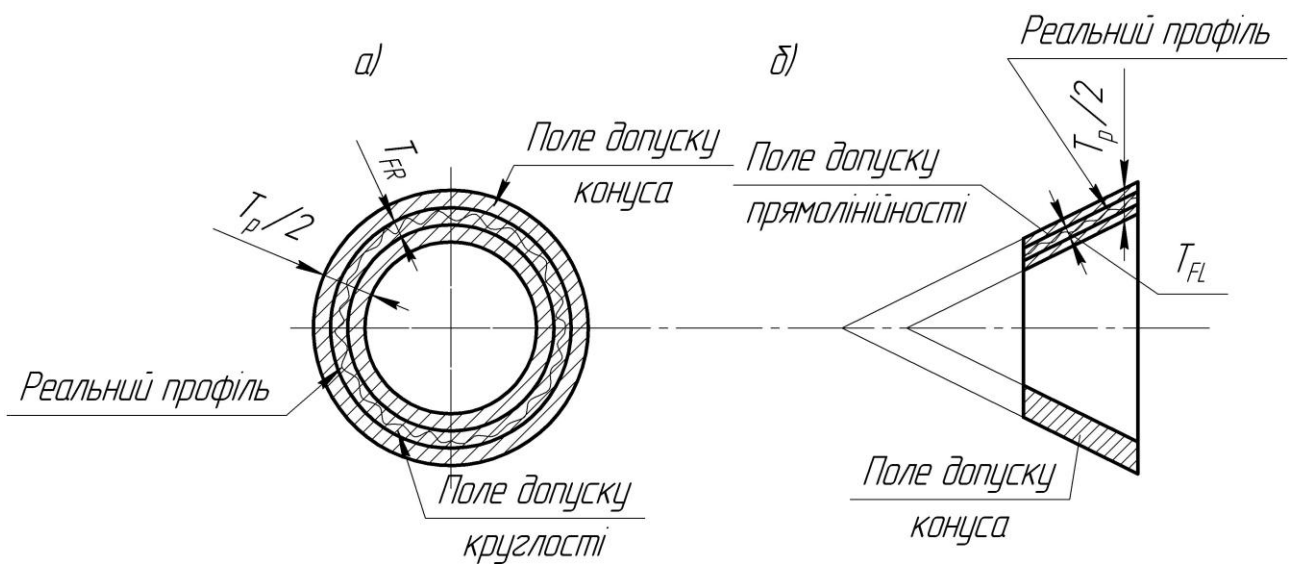


Рисунок 13.11
Допуски відхилень елементів конуса

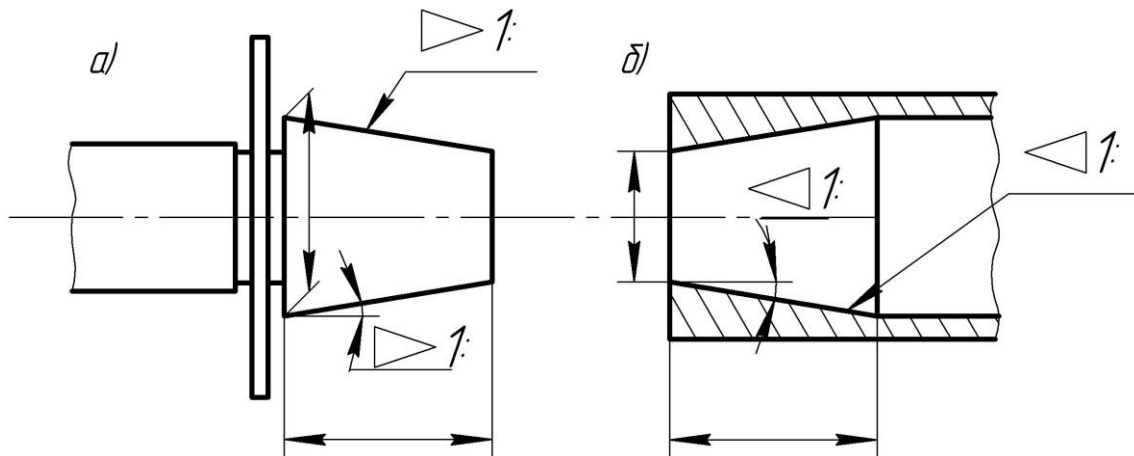


Рисунок 13.12

Позначення конусності на кресленнях

Допуски конусів нормують двома способами:

- сумісним нормуванням усіх видів допусків - допуском T_D діаметра конуса в будь-якому перетині (за ГОСТ 25347-89); допуск T_D визначає поле допуску конуса, обмежене двома граничними конусами, між якими повинні знаходитися всі точки реальної поверхні конуса, та обмежує не тільки відхилення діаметру, а й відхилення кута та форми конуса; при необхідності допуск T_D може бути доповнений більш вузькими допусками кута AT та форми конуса T_{FR} та T_{FL} ; при цьому всі точки реальної поверхні конуса також повинні знаходитись у полі допуску, обмеженому двома граничними конусами;

- окремим нормуванням кожного виду допусків: T_{DS} (за ГОСТ 25347-89); AT (в кутових - AT_a або лінійних - AT_D одиницях); T_{FR} та T_{FL} (за ГОСТ 24643-81).

В посадках з фіксацією шляхом зміщення конструктивних елементів та за заданою осьюовою відстанню між базовими площинами конусів, що спряжуються, допуски конусів бажано нормувати першим способом, оскільки в цих посадках величини зазорів або натягів залежать від граничних відхилень діаметрів конусів, що спряжуються. Відхилення кута та форми конуса впливають на нерівномірність зазорів або натягів, а також на довжину контакту. При необхідності вони можуть обмежуватись додатковими допусками кута конуса AT та форми конуса T_{FR} та T_{FL} , більш вузькими, ніж допуск T_D .

В посадках з фіксацією за заданим осьовим зміщенням конусів, що спряжуються, від їх початкового положення або за заданим зусиллям запресовування допуски конусів потрібно нормувати другим способом, тому що в цих посадках величини зазорів або натягів визначаються, в основному, умовами складання. На нерівномірність зазорів або натягів та на довжину контакту впливають тільки допуски кута та форми конуса, а допуски діаметра впливають на базовідстань з'єднання. Цим же способом бажано нормувати допуски конусів, які не спряжуються.

Поля допусків діаметрів зовнішніх та внутрішніх конусів повинні

застосовуватись для призначення граничних відхилень (допусків) T_D та T_{DS} .

В посадках з фіксацією за конструктивними елементами або за заданою осью відстанню між базовими площинами конусів, що спряжуються, слід застосовувати поля допусків не грубіше 9-го квалітету та з основним відхиленням: для внутрішніх конусів - H , для зовнішніх конусів - з будь-яким, що вказаний в таблицях ГОСТ 25307-82.

Рекомендовано поєднувати поля допусків діаметрів зовнішнього та внутрішнього конусів одного квалітету, але в обґрунтованих випадках - і різних квалітетів. При цьому рекомендовано, щоб більший допуск діаметра призначався для внутрішнього конуса, а допуски діаметрів внутрішнього та зовнішнього конусів відрізнялися не більше, ніж на два квалітети.

В посадках з фіксацією за заданим зміщенням конусів, що спряжуються, від початкового положення або за заданим зусиллям запресування слід застосовувати поля допусків від 8-го до 12-го квалітетів з основними відхиленнями: для внутрішніх конусів - H (бажано), J_S або N ; для зовнішніх конусів - h , j_S або k . В обґрунтованих випадках можливо застосовувати поля допусків точніше 8-го квалітету.

Граничні значення та допуск осевого зміщення в посадках за заданим осевим зміщенням конусів, що спряжуються, від їхнього початкового положення визначають за такими формулами:

в посадках із зазором

$$E_{\alpha S_{min}} = S_{min} / C;$$

$$E_{\alpha S_{max}} = S_{max} / C;$$

$$T_{E\alpha} = E_{\alpha S_{min}} - E_{\alpha S_{max}} = T_S / C;$$

де $T_S = S_{max} - S_{min}$;

в посадках з натягом

$$E_{\alpha N_{min}} = N_{min} / C;$$

$$E_{\alpha N_{max}} = N_{max} / C;$$

$$T_{E\alpha} = E_{\alpha N_{max}} - E_{\alpha N_{min}} = T_N / C;$$

де $T_N = N_{max} - N_{min}$.

Значення граничних зазорів або натягів (S_{min} , S_{max} , N_{min} , N_{max}) приймаються такими ж, як в аналогічних посадках циліндричних з'єднань, або визначаються розрахунковим чи аналітичним шляхом.

13.4 Контрольні запитання

1. Як побудована система допусків на кутові розміри?
2. Скільки ступенів точності встановлено на допуски кутів ?
3. Які встановлені способи вираження допуску кута ?
4. Вказати основні параметри конічних з'єднань.
5. Методи і засоби контролю конусів та кутів.
6. Дати визначення конусності.
7. Визначити поняття "базовідстань" конічного з'єднання.
8. В залежності від яких факторів визначаються посадки конічних з'єднань?
9. Зобразити посадку з зазором, перехідну або з натягом для конічних з'єднань.

13.5 Теми для самостійного вивчення

1. Методи та схеми контролю конусів [6, С. 127 - 129], [29, С. 127 - 133].
2. Розрахунки межових базовідстаней конічних з'єднань [6, С. 120 - 127].
3. Розрахункові співвідношення між допусками діаметра, кута та форми конуса [6, С. 113 - 120].